DIE ERGEBNISSE EINIGER RINGELUNGSVERSUCHE UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE STOFFWANDERUNG

von

TH. WEEVERS (Amsterdam).

Die Betrachtungen Dixons[1]) veranlassten mich im Jahre 1923 zu einigen Ringelungsversuchen mit gelben panaschierten Aesten von Aesculus hippocastanum und Acer Negundo fol. var. Denn sowie z.B. im kritischen Teile der Arbeit E. W. Schmidts[2]) deutlich hervorgehoben wird, besteht bisjetzt nur eine einzige Methode, die zu positiven Aussagen über die Funktion der Siebröhren geführt hat, das ist das Ringelungsverfahren.

Eine vorläufige Mitteilung über diese Arbeit erschien September 1923[3]), es war mir jedoch damals unmöglich die Ergebnisse einiger, mehrere Jahre in Anspruch nehmenden Versuche abzuwarten. Neulich sind diese abgeschlossen, sodass ich jetzt das ganze Thema überblicken kann. Um so mehr erscheint dieser Ueberblick mir notwendig, da seitdem sich die Sachlage bedeutend geändert hat: die Arbeit E. Kastens[4]) brachte den Hormonenbegriff in die Diskussion hinein, aber besonders der Vortrag E. Münchs in der Februar Versammlung der deutschen

[1]) H. H. Dixon, Pres. Address. Bot. Society 1922. Vergleiche auch H. H. Dixon. The transpiration stream. London 1924.

[2]) E. W. Schmidt, Bau und Funktion der Siebröhren der Angiospermen 1917.

[3]) Th. Weevers, Proc. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam 1923.

[4]) E. Kastens, Mit. a. d. Inst. f. allg. Bot. 2 Hamburg 1924.

botanischen Gesellschaft 1926 leitete eine neue Epoche in Bezug auf unsere Betrachtungen über Stoffwanderung in der Pflanze ein.

Wie war die Sachlage bis auf das Erscheinen der Arbeit Dixons?

Die bekannten Ringelungsversuche J. Hansteins[1]) hatten zur Meinung geführt, dass die Fortleitung der in den Blättern gebildeten organischen Produkte in der Innenrinde vor sich gehe. Am wahrscheinlichsten war es, dass den Siebröhren die leitende Funktion zukam, aber streng bewiesen war es nicht; die Kontroverse zwischen Czapek und Deleano[2]) hatte zu keiner Entscheidung geführt. Neben dieser Stoffwanderung im Weichbast nahm man jedoch ein Frühlingstransport der gelösten Reservestoffe im Holze an und die alten Ringelungsversuche von Th. Hartig[3]) wurden zum Beweis dieser Behauptung herangezogen.

Von verschiedenen Seiten wurde obenstehendes angefochten. Einerseits war es Otis Curtis[4]), der durch Versuche mit doppelten Ringelungen zur Folgerung kam, dass der Frühlingstransport der Kohlenhydrate und N. haltenden Reservestoffe nach den Knospen ebensogut durch das Phloem gehe, wie der abwärts gerichtete Transport im Sommer.

Andererseits stellten Atkins[5]) und gewissermaszen Frau Luise Birch Hirschfeld[6]) die Bedeutung des Phloems für die Stoffwanderung in Abrede. Dixon weist in obengenanntem „Address" in Nachfolgung von Atkins auf den Kohlenhydratreichtum des Blutungssaftes hin, findet

[1]) J. Hanstein, Jahrb. f. wiss. Botanik 1860.
[2]) Deleano, Jahrb. f. wiss. Botanik 1911.
[3]) Th. Hartig, Bot. Zeitung 1858.
[4]) Otis F. Curtis, Americ. Journ. of Botany 1920.
[5]) Atkins, W. R. G. Some recent researches in Plant Physiology 1916.
[6]) L. Birch Hirschfeld, Jahrb. f. wiss. Bot. 1920.

jedoch seine stärksten Argumente in der Schwierigkeit einen schnellen Transport durch die Siebröhren plausibel zu machen. Diese Schwierigkeit ist nicht neu, schon vor 42 Jahren wies Hugo de Vries[1]) auf sie hin und glaubte durch Annahme von Protoplasmaströmung in den Siebröhren die Frage lösen zu können. Später hat jedoch Strassburger[2]) keine Strömung in diesen Röhren beobachten können; es ist jedoch die Frage ob nicht die Behandlung der Präparate störend einwirkte.

Dixon machte Berechnungen über die Schnelligkeit eines eventuellen Transports durch das Phloem der Kartoffelausläufer, ein Thema worauf ich später noch zurück komme und schloss aus seinen Berechnungen, dass diese Schnelligkeit so gross sein müsste, sollte sie zur Füllung der Kartoffel mit Stärke ausreichen, dass die Unmöglichkeit eines derartigen Transports nach seiner Meinung klar zu Tage trat. Die Arbeit der Frau Birch Hirschfeld, welche die Möglichkeit eines schnellen abwärts gerichteten Transports durch das Xylem offen lässt, veranlasste Dixon, die jüngsten Teile des sekundären Xylems als den Weg für die Abwärtsleitung der Assimilate anzunehmen. Ringelungsversuche bis auf das Kambium würden dieses perifere Xylem schädigen und deshalb die Stoffwanderung beeinträchtigen.

Versuche seine Hypothese zu prüfen, hatte Dixon nicht angestellt und deshalb schien es mir notwendig diese Lücke auszufüllen.

Die obengenannten Ringelungsversuche Hansteins mit abgeschnittenen und in Wasser gestellten Aesten scheinen sehr wenig für Dixons Theorie zu sprechen. Bekanntlich zeigten ja diese Versuche, dass bei derartigen Aesten die Wurzelbildung gerade oberhalb der Ringelung am stärksten war, wenn die Objekte kollaterale Gefässbündel hatten,

[1]) Hugo de Vries, Bot. Zeitung 1885.

[2]) Strassburger, Bau und Verrichtung der Leitungsbahnen 1891.

während die Ringelung fast keinen Einfluss auf die Wurzelbildung ausübte bei Apocynaceae und Solanaceae mit bikollateralen Gefässbündeln und ebensowenig bei den Piperaceae und Nyctaginaceae mit Gefässbündeln innerhalb des Xylems.

Man könnte zwar, vom Standpunkt Dixons gegen diese Versuche einwenden, dass an den geringelten Stellen das perifere Xylem beschädigt und deshalb der Transport an diesen Weg entlang unmöglich sei, es war jedoch nicht einzusehen, weshalb dann die Pflanzen mit Phloem innerhalb des Xylems sich anders benehmen würden.

Jedenfalls schien es der Mühe wert, diese Versuche noch einmal zu wiederholen, indem so gut wie möglich Sorge getragen wurde das perifere Xylem von der Luft abzuschliessen ohne es zu beschädigen. Am besten bewahrte sich eine Bedeckung mit Kakaobutter, die geschmolzen bei einer Temperatur von 32—33° C. auf die frische Wundfläche gestrichen wurde und sofort erstarrte. Die Ringelung schützte ich vor direkter Sonnenbestrahlung weil sonst das Fett schmilzt. Ein Ringelungsverfahren mit diesen Kautelen gab ganz dasselbe Resultat wie bei Hanstein: der Unterschied zwischen Salix-und Cornusästen mit kollateralen und Nerium oleander mit bikollateralen Gefässbündeln trat ganz deutlich hervor.

Werden also bei den Pflanzen ohne centrales Phloem, alle Siebteile durch Ringelung bis auf das Kambium entfernt so ist der basal gerichtete Transport völlig gehemmt. Also muss Ringelung des Hauptsprosses nahe am Bodem, Ursache sein, dass nach kürzerer oder längerer Zeit die Wurzeln durch Nahrungsmangel absterben und die Pflanze durch Wassermangel zu Grunde geht.

Dann und wann findet man in der Forstpraxis derartige Fälle erwähnt: Cotta[1]) später Hartig l.c. und Strass-

[1]) H. Cotta 1806 Weimar (siehe Büsgen Waldbäume 3e Aufl. S. 350).

burger l.c. haben Versuche in dieser Richtung angestellt. Weil jedoch ohne spezielle Fürsorge das perifere Holz schnell abstirbt und verwest, haben diese Versuche keine grosze Beweiskraft in Bezug auf Dixons Theorie.

Ich habe deshalb unter Benutzung obengenannter Kautelen Ringelungen vorgenommen.

1e	8 Abutilon	Ex.	(Diam. am Boden 7-8 m.m Ringelungsbreite 1 c.m.
2e	8 Nerium oleander	„	(Diam. am Boden 8-10 m.m. Ringelungsbreite 1 c.m.
3e	2 Fagus sylvatica	„	(Diam. am B. 45 c.m. und 65 c.m. Ringelungsbreite 15 c.m.

Die entrindeten Teile wurden jede 3 Monaten mit Kakaobutter bedeckt, die eventuell auftretenden Kallusbildungen entfernt bevor Kallusbrücken sich bilden konnten, ebenfalls wurden alle aus schlafenden Augen an der Stambasis austreibenden Knospen sofort weggenommen. Von den 8 Abutilon Exemplaren waren nach 4 Monaten 2 abgestorben, nach 6 Monaten 6, nach 9 Monaten alle. Von den 8 Oleander Exemplaren waren nach 12 Monaten alle noch ganz frisch.

Die Buchen waren October 1923 geringelt worden und zeigten im Frühling und Sommer 1924 normale Belaubung, in 1925 war diese beim kleinsten der beiden Exemplare schwach und kränklich, leider musste dieser Baum Juli 1925 aus äusseren Umständen gefällt werden. Das grösste Exemplar hatte im Jahre 1925 noch eine normale, nur etwas schwächere Belaubung, die Kallusbildung war besonders an der basalen Seite der Ringelung bedeutend schwächer. Im Jahre 1926 war der Habitus des Baumes derselbe wie beim kleineren Exemplare im vorigen Jahre. Die Blätter vergilbten früher als normal und schon anfangs September stand der Baum kahl, hatte jedoch seine Knospen gut

ausgebildet. Im Frühling 1927 trieben diese nicht normal aus, die Blätter blieben klein und runzelig, vertrockneten bald; Untersuchung der Wurzeln ergab dass diese abgestorben waren.

Dasselbe Resultat, das Abutilon nach einigen Monaten bot, zeigte sich bei den grossen Bäumen mit viel Reservestoffen in Wurzel und Stambasis (Ringelung 6 d.m. hoch am Stamm) nach einigen Jahren.

Der Stofftransport in basaler Richtung war also durch die Ringelung völlig gehemmt, obschon Beschädigung des periferen Holzes tunlichst vorgebeugt wurde. Ein trefflicher Gegensatz zwischen Fagus und Abutilon einerseits und Nerium oleander, wo sich ja Phloem innerhalb des Xylems vorfindet, andererseits, ist nicht zu leugnen und spricht entschieden wider Dixons Theorie, während die Funktion des Weichbastes bei der Stoffwanderung im Sommer unwidersprechlich betont wird.

Wie steht es jedoch mit dem Stofftransport im Frühling? hat dabei die alte, auf Hartigs Versuche gestützte Auffassung Recht oder die von Curtis, der den Stofftransport der löslichen Kohlenhydrate und Stickstofverbindungen durch das Holz völlig verneint.

Das Ergebnis Hartigs, dass im Frühling die Reservestoffe unter der Ringelung abnehmen, lässt sich auch durch Stoffwanderung nach den Wurzeln deuten; nach Curtis bleiben im Frühling bei doppelt geringelten Aesten, die Reservestoffe zwischen den Ringelungen unbenutzt.

Leider waren die von Curtis benutzten quantitativen Methoden nicht völlig einwandfrei. In meinem Laboratorium sind darum von Fräulein M. Sanders doppelte Ringelungsversuche mit Pavia Species angestellt worden, bei welchen das Total der Kohlenhydrate in Bast und Rinde vor und nach dem Treiben bestimmt wurde. Die bei der Ringelung vor dem Treiben abgeschälten Teile wurden bei 103° C. schnell getrocknet und dann das Total der Kohlen-

hydrate bestimmt[1]). Bast und Rinde zwischen den Ringelungen wurde nach dem Treiben abgeschält, getrocknet und ebenfalls analysiert. Der Vergleich beider zeigte fast keine Aenderung der Kohlenhydrate, bestätigt also das Resultat Curtis. Wie später gezeigt werden soll, sagt dieses Resultat jedoch sehr wenig aus in Bezug auf die Stoffwanderung durch das Holz.

Ringelungen grüner Aeste haben immer den Nachteil, dass sofort nach dem Treiben Assimilation der jungen Teile möglich ist. Wenn wir daher wissen wollen, wie weit die Entwicklung der Schösslinge auf Kosten der durch das Holz zugeführten Reservestoffe möglich ist, so hat es Vorteile Versuche mit gelbbunten, völlig chlorophyllfreien Exemplaren einzustellen. Ich verfügte über derartige Schösslinge von Aesculus Hippocastanum und Acer Negundo. Erstere entsprossen einem alten Baume mit vielen grünen Aesten letztere einem Bäumchen mit hauptsächlich weiss und grün gescheckten Blättern.

Die Ringelungen 1 c.m. breit, wurden nach derselben Methode gemacht. (1 d.M. unter der Endknospe).

1e Serie	Gelbbunte	völlig	geringelte	Schösslinge	
2e „	„	nicht völlig	„	„	(3 mm. breiter Verbindungsstreifen)
3e „	grüne	völlig	„	„	

Schon eine Woche nach dem Treiben zeigte sich ein deutlicher Gegensatz zwischen Serie 1 einerseits, Serie 2 und 3 andererseits.

Die zwei letzteren entwickelten sich normal, die völlig geringelten gelbbunten Schösslinge starben nach 3 Wochen

[1]) Die Oberfläche der zuerst geringelten Teile, war ebenso gross als die der Teile zwischen beiden Ringelungen. Zur Bestimmung des Kohlenhydrattotals wurden die Teile 4 Stunden im Autoklave bei 5 Atmosfären mit Wasser erhitzt; das Filtrat 4 Stunden mit HCl gekocht und in der filtrierten Lösung die Kohlenhydrate nach der Methode Schoorls bestimmt.

ab. Zuvor vertrockneten die Blätter, dem Anschein nech findet das Absterben durch Wassermangel statt.

Weil bei den andern Serien der Wassertransport nach der Ringelung normal bleibt, kann diese an und für sich nicht die Ursache sein, dass der Transport eingestellt wird. Es liegt daher die Annahme auf der Hand, dass die Blattgewebe der völlig geringelten Aeste eine zu kleine Saugkraft entwickeln. Weil Ursprungs Methoden der Saugkraftbestimmung bei diesem Objekt Schwierigkeiten boten, bestimmte ich den Gehalt der löslichen Zucker und Salze. Für grüne Blätter erhielt ich einen Gehalt von 3 %, für gelbe von 1 % Zucker auf Trockengewicht berechnet, der Salzgehalt war in beiden Fällen fast gleich; das Resultat stimmt also mit dem Sprechers[1]) der in gelbbunten Blättern niedrigere osmotische Werte fand. Zwar enthalten die gelbbunten Aesculusblätter 18 % Eiweiss und 5 % Dextrin, diese üben jedoch fast keinen Einfluss auf den osmotischen Druck. Dass die Gewebe der gelbbunten Blätter von einer Saccharoselösung plasmolysiert werden, die die Gewebe der grünen nicht plasmolysiert deutet ebenfalls darauf hin. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass die Saugkraft ersterer stets kleiner ist und besonders einige Wochen nach der Ringelung die Konkurrenz der grünen Teile nicht auszuhalten vermag[2]).

Der Gegensatz zwischen völlig und nicht völlig geringelte Aeste beweist also, dass der Weichbast beim apikal gerichteten Stofftransport im Frühling unentbehrlich ist, der Beweis bezieht sich jedoch lediglich auf die Entwicklung nach den ersten Stadie des Treibens, in Bezug auf den Stofftransport durch das Holz eben vor dem Treiben bringen diese Versuche noch keine Entscheidung.

Die geringelten grünen Aste verdanken ihre Wachstums-

---

[1]) A. Sprecher, Rev. Gen. Bot. 1921.

[2]) Versuche mit bunten Aesten, wo die geringelten Teile keine Konkurrenz auszuhalten haben, sind in Vorbereitung.

möglichkeit den selbstgebildeten Assimilaten, die dem jungen Gewebe eine zur Herbeischaffung des nötigen Wassers genügende Saugkraft geben.

Versuche mit Johannistrieben der Rosskastanie ergaben ein ähnliches Resultat. Einige Wochen nach der Ringelung anfangs Juni zeigten die völlig geringelten bunten Aeste eine Johannistriebbildung aus Seitenknospen unter der Ringelung, die nicht völlig geringelten einen apikalen Johannistrieb aus den Endknospen über der Ringelung.

Bei Acer und Aesculus wird also durch Ringelung die Möglichkeit zerstört, dass die oberhalb dieser gelegenen bunten Knospen normal sich entwickeln; ist dem ebenfalls so bei Pflanzen mit Phloem innerhalb des Xylems?

Leider gelang es mir noch nicht bunte Exemplare derartiger Pflanzen zu bekommen, ich musste mich daher begnügen mit geringelten grünen Aesten von Nerium Oleander, deren Endknospen nach der Ringelung in ein schwarzes Tuch eingehüllt blieben. Zehn Wochen nach der Ringelung waren die Teile über derselben, obschon gelb, noch ganz frisch und hatten mehrere Blätter entfaltet. Der Gegensatz mit Pflanzen ohne intraxyläres Phloem tritt also deutlich hervor; man muss jedoch in Betracht ziehen, dass die Transpiration in den eingehüllten Teilen schwächer war, die Saugkraft also wenig Wasser herbei zu schaffen brauchte.

Die bisjetzt benutzten Objekte zeigten gerade beim Treiben bei Verwundung kein deutliches Bluten; Acer Negundo blutet zwar, jedoch einige Wochen vor der Laubentfaltung, es lag also auf der Hand auch ein Objekt wie die Birke zu untersuchen. Leider waren hier ebensowenig bunte panaschierte Exemplare zu bekommen, ich stellte deshalb die Versuche in folgender Weise an. Von einer 2 m. hohen Birke wurde in Februar als noch kein Bluten zu befürchten war ein Seitenast geringelt, der am Bäumchen sitzend in ein hölzernes Häuschen[1]) gesteckt

[1]) Das Häuschen war 1 m. lang, 1 m. breit, 2 m. hoch.

wurde. In diesem dunklen Raume, der zur Lufterneuerung und Abkühlung mit einem elektrischen Ventilator versehen war, blieb der geringelte Ast bis Ende Juni.

Bei der Betula pubescens ist das Licht notwendig zur normalen Knospenentfaltung, die im dunkeln treibenden Schösslinge haben nur kleine runzelige gelbe Blätter. Ebensogut ist dies der Fall bei den im Kästchen treibenden Knospen unterhalb wie bei den oberhalb der Ringelung; im Lichte entwickeln geringelte Aeste sich normal.

Einige Wochen nach dem Treiben, bildeten sich aus schlafenden Augen unter der Ringelung kräftige etiolierte Schösslinge.

Ungeachtet des nahrungsreichen Blutungssaftes zeigt die Birke also ein Betragen, das viel mehr mit dem Acers und Aesculus als mit dem des Oleander übereinstimmt. Durch Ringelung wird auch bei der Birke die normale Entwicklung der nicht zur Assimilation fähigen Knospen gehemmt.

M. E. kann aus obenstehendem lediglich die Schlussfolgerung gezogen werden, dass ebensowohl wie im Sommer ein basal gerichteter, im Frühling bald nach dem Treiben ein apikal gerichteter Saftstrom durch den Weichbast geht. Wird durch Ringelung letzterer unmöglich, so wird beim Fehlen der Fähigkeit der Assimilation, die Entwicklung der Schösslinge eingestellt.

Wir kommen jetzt auf Dixons Betrachtungen über ungenügende Kapacität des Phloems zurück.

E. Kastens l.c. versucht die Lösung des Rätsels in folgender Weise: die Siebröhren dienen nicht zur Leitung der Assimilate und Reservestoffe denn diese werden im periferen Xylem transportiert, sondern zur Leitung der Hormone, welche einerseits zum Kambialwachstum, andererseits zum Knospenwachstum unentbehrlich sind. Zweifelsohne wird durch diese Hypothese die Schwierigkeit der ungenügenden Kapacität der Siebröhren gehoben,

während obenstehende Versuche sich ganz gut dadurch erklären lassen, ich muss jedoch gestehen dass Kastens Hypothese mir sehr gesucht zu sein scheint.

Besonders schwerwiegend gegen die Hypothese scheinen mir folgende, noch nicht veröffentlichte Versuche, die von Dr. Ch. Coster in meinem Laboratorium angestellt sind und die sich den von Münch[1]) beschriebenen anschliessen. Rindenstreifen von mehrjährigen Salixästen wurden am 20sten Juni derart vom Holze abgelöst, dass sie apikalwärts oder basalwärts mit der Rinde in Zusammenhang blieben, dann wurde Stanniol zwischen Holz und Rinde gebracht und die Streifen sechs Wochen am Baum belassen. Sie blieben ganz frisch, und wurden Anfangs August bei 100 C. getrocknet und das Gewicht mit dem gleich grosser Kontrollstreifen die Anfangs Juli auf gleicher Höhe von den Zweigen genommen waren, verglichen. Das Trockengewicht war nach Lösung vom Holze bedeutend zugenommen, das Kambium hatte eine 3 mm. dicke Holzschicht gebildet eine Tatsache die entschieden auf Stofftransport und nicht bloss Hormonentransport durch die Rinde hinweist[2]).

Wir kommen jetzt zu der Theorie Münchs.

Von einem Vortrag in der Februar Versammlung der d. bot. Gesellschaft erschien nur eine kurze Zusammenfassung und gerade als meine Versuche abgeschlossen waren, erschien eine zweite auch ziemlich knappe Zusammenfassung[3]).

Die ausführliche Darstellung der Theorie bleibt jedoch einer späteren Abhandlung vorbehalten, es scheint mir daher verfrüht, die ganze Theorie kritisch zu behandeln,

[1]) E. Münch in Büsgens Waldbäume 3 Aufl. S. 357.

[2]) Das Gewicht der Kontrollstreifen war 316, 309, 306, 319, 304, 303 mg., im Durchschnitt. 308 mg., während das Gewicht der Teile, die apikal und basal mit der Rinde im Zusammenhang geblieben doch vom Holze getrennt waren resp. 364 und 340 mg. betrug, also um 18 und 10 % zugenommen hatte.

[3]) E. Münch, Ber. d. d. bot. Ges. Juli 1927.

überdies bietet dieses Festschriftartikel von beschränktem Umfang mir dazu keine Gelegenheit. Der Autor fasst seine Theorie in Büsgens Handbuch in folgender Weise zusammen: „Werden im wachsenden Kambium gelöste Stoffe in Holz verwandelt und dadurch osmotisch unwirksam gemacht, so muss entsprechend der Pfefferschen Theorie hier Wasser in den Holzkörper austreten. Es ersetzt sich durch Nachstrom von Lösung aus den Siebröhren, die durch wegsame Plasmabrücken oder auch durch das übrige Plasma wenn es für gelöste Stoffe permeabel ist unter Druck nachgeschoben wird".

Im groszen ganzen hat die Vorstellung, dass der Saftstrom in den Siebröhren wirklich eine Strömung der Lösung selbst und nicht blosz Diffusion der gelöster Stoffe in der stille stehenden Flüssigkeit sei, etwas sehr bestechendes. Dixons Betrachtungen über unwahrscheinliche Diffusionsschnelligkeiten werden dann ganz und gar hinfällig.

Wenn jedoch die Anwendung der Pfefferschen Betrachtungen über Wasserauspressung hier bei Massenbewegungen auf groszen Strecken erlaubt ist, wie Münchs letztere Arbeit wahrscheinlich macht, so bleibt es noch die Frage ob seine Darstellung in Einzelheiten zutrifft. Speziell die Vorstellung, dass das vom Kambium in die Holzbahn gepresste Wasser den Blutungssaft bilde scheint mir vorläufig noch sehr bedenklich. Später komme ich auf dieses Thema noch zurück, will jedoch sofort gestehen, dass eine Bewegung des Blutungswassers in der Rinde mir viel weniger plausibel erscheint, als eine Bewegung im Holzkörper. Ursprungs[1]) Arbeit scheint mir deutlich darauf hinzuweisen, dass die lebenden Zellen, welche die Holzgefässe in den jungen Wurzeln umgeben, das Wasser in diese Gefässe hineinpressen und dadurch der Blutungsdruck hervorgerufen wird.

[1]) A. Ursprung Jahrb. f. wiss. Bot. 1926.

Wenn im Sommer das Kambialwachstum viel Material erfordert, während in den Blättern organische Produkte gebildet werden, so wird im Kambium das überschüssige Wasser aus den Siebröhren ausgepresst, dagegen in den Blättern Wasser durch diese Röhren aufgenommen, die Massenströmung findet, wenn wir Münchs Hypothese akceptieren dann hauptsächlich in basaler Richtung statt. Im Frühjahr jedoch beim Austreiben findet Stoffbildung und Atmung in erster Linie in den Vegetationspunkten statt, dort werden den Siebröhren die meisten Lösungsstoffe entzogen, verschwinden also osmotische Kräfte, sodass hier Wasserausscheidung erfolgen muss und die Strömung in diesen Siebröhren hauptsächlich in apikaler Richtung vor sich geht.

Bei den Schösslingen, deren Blätter nicht zur Assimilation fähig sind, wird dann eine Ringelung, wenn sie das Phloem entfernt, das weitere Austreiben hemmen weil dann diese Stoffwanderung unmöglich gemacht wird.

Dass bei Curtis Versuchen, die in der Rinde zwischen beiden Ringelungen gespeicherten Stoffe nicht beim Treiben verwendet werden können, liegt auf der Hand, denn nicht an die Markstrahlen, sondern an die Siebröhren entlang, findet ein genügend schneller Transport statt; die Bewegung durch erstere geht zu langsam, nur der Massentransport durch letztere reicht aus.

Frühlingsstofwanderung durch die Holzbahnen muss m. E. bei den zu Bluten befähigten Pflanzen, jedoch lediglich vor dem Treiben und während dessen Anfang statt finden. Dieser Transport reicht jedoch nur zur Entwicklung der selbst assimilierenden Schösslinge aus, blosz diese können obengenannte Stoffwanderung durch die Siebröhren entbehren.

Denn nur solange die Wasserbewegung eine Blutungsbewegung ist d. h. unter positivem Druck des Wurzelparenchyms erfolgt, werden mit dem Wasser auch orga-

nische Stoffe nach den Knospen gepresst.[1]) Findet dagegen die Strömung durch das Holz bei negativem Druck statt, indem durch das Überwiegen der Transpiration die Saugkraft des Blattparenchyms Ursache der Bewegung geworden ist, so schafft die Strömung fast nur Wasser und etwas Salze herbei. Wahrscheinlich liegt dabei eine Änderung der Permeabilität des Holzparenchyms vor, vielleicht sind ebenfalls die löslichen Inhaltsstoffe letzteres grössenteils exosmiert. Dann brauchen die wachsenden Teile zur Erhaltung des Saugkraftgefälles osmotische Stoffe, die entweder ihre eigene Assimilation liefern muss oder der Saftstrom durch das Phloem. Ersteren Fall belegen obenstehende Experimente mit geringelten grünen Schösslingen (Acer, Aesculus, Betula) letzteren die Versuche mit geringelten gelbbunten oder im dunkeln austreibenden Teilen von Acer, Aesculus und Betula einerseits, von Nerium Oleander andererseits.

Kurz zusammengefasst:

Die Theorie Dixons, dass der Transport der organischen Stoffe im periferen Xylem stattfinde, ist nicht richtig.

Im allgemeinen geht die Fortleitung im Weichbast vor sich, wobei vielleicht die Theorie Münchs im grossen ganzen die Erklärung der Tatsachen geben kann.

Transport der organischen Stoffe durch den aufwärts gerichteten Strom im Holze findet jedoch im dem Falle statt, wo das Bluten hervorgerufen werden kann, also vor und beim Anfang des Treibens; später ist beim Fehlen eigener Assimilation der Transport durch das *Phloem* nach den jungen Schösslingen notwendig zu deren Entwicklung.

[1]) Vergleiche W. W. Lepeschkin Untersuchungen über das Frühlingsbluten der Birke und des Ahorns. Planta 1927.

Amsterdam, August 1927.